

---

## Оцінка впливу швидкісних обмежень і «заспокоєння руху» на пропускну здатність і ДТП

**Антон Григорович**

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури, Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

ORCID: 0000-0001-5388-3159

**Костянтин Доля**

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури, Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", Харків, Україна

ORCID: 0000-0002-4693-9158

---

**Анотація:** у статті досліджено вплив швидкісних обмежень і заходів «заспокоєння руху» на два ключові показники функціонування вулично-дорожньої мережі: пропускну здатність та рівень аварійності (ДТП). Актуальність роботи зумовлена практичною потребою міст одночасно знижувати тяжкість наслідків аварій та зберегти прийнятну якість обслуговування руху в умовах зростання моторизації. Метою є сформулювати підхід до кількісного оцінювання компромісу «безпека– ефективність» для типових заходів: зниження ліміту швидкості, встановлення острівців безпеки, підвищених переходів, звуження смуг, шикан і локальних обмежувачів (лежачі поліцейські), а також введення зон 30 км/год.

Методика базується на поєднанні до- та післяпорівняння (before–after) із корекцією на тренд і сезонність, а також на мікромодельованні транспортних потоків для оцінки змін пропускну здатності та затримок. Для безпекової частини запропоновано використовувати показники: кількість ДТП, кількість травмованих, індекс тяжкості, а також проксі-метрики конфліктів (наприклад, за часовими і просторовими інтервалами зближення) при наявності відеофіксації. Для пропускну здатності розглянуто середню затримку на перетині/ділянці, довжину черги, середню швидкість та стабільність руху. Окрему увагу приділено впливу складу потоку (частка вантажних, громадського транспорту), наявності парковки вздовж проїзної частини та пішохідної активності.

Результатом є узагальнена процедура вибору заходів «заспокоєння руху» залежно від функціонального класу вулиці, початкових швидкісних режимів та рівня аварійності. Показано, що зниження середньої швидкості на невелику величину може призводити до суттєвого зменшення ризику тяжких наслідків ДТП, тоді як вплив на пропускну здатність часто проявляється через зростання варіативності потоку та збільшення втрат часу на локальних вузьких місцях. Практичне значення роботи полягає у можливості обґрунтування рішень для міських програм безпеки руху (Vision Zero), підготовки проектів організації руху та оцінки ефективності впроваджених заходів на основі вимірюваних показників.

**Ключові слова:** швидкісні обмеження; заспокоєння руху; зона 30 км/год; пропускну здатність; затримка; дорожньо-транспортні пригоди; безпека дорожнього руху; before–after.

---

### 1. Вступ

Підвищення безпеки дорожнього руху в містах і водночас збереження прийнятної пропускну здатності є одним із ключових прикладних завдань сучасних транспортних технологій (спеціальність 275). Міські програми на кшталт Vision Zero та національні стратегії безпеки передбачають системне зниження ризиків для вразливих учасників руху

(пішоходів і велосипедистів), при цьому транспортна система має залишатися працездатною за високих інтенсивностей і обмеженого простору.

Швидкісні обмеження та заходи «заспокоєння руху» (traffic calming) належать до найпоширеніших інструментів speed management. До них відносять як нормативні рішення (зміна лімітів, запровадження зон 30 км/год), так і геометричні/організаційні перетворення (звуження смуг, шикан, підвищені переходи, острівці безпеки, speed humps/tables тощо). Їхній ефект, з одного боку, проявляється через зниження середніх та 85-перцентильних швидкостей і, як наслідок, зменшення тяжкості наслідків ДТП; з іншого боку, можливі зміни пропускної здатності, збільшення затримок і черг, а також перерозподіл потоків на суміжні вулиці.

Проблема полягає в тому, що в реальних умовах міської мережі безпековий і операційний ефекти є неоднозначними: результат залежить від класу вулиці (магістральна/районна/житлова), режимів регулювання на перехрестях, складу потоку, наявності зупинок громадського транспорту і парковок, а також супутніх змін (ремонт, зміни сигналізації, сезонність попиту). Тому виникає практична потреба в уніфікованій процедурі оцінювання, яка дозволяє кількісно порівнювати альтернативи та обґрунтовувати вибір заходів з урахуванням компромісу «безпека–ефективність».

## 2. Мета та задачі дослідження

Мета статті — запропонувати практичну методіку оцінювання впливу швидкісних обмежень і заходів «заспокоєння руху» на пропускну здатність і показники аварійності на міських вулицях та обґрунтувати вибір типу втручання для конкретних умов.

Для досягнення мети сформульовано такі завдання:

1. визначити набір показників ефективності (операційних і безпекових), придатних для «до/після» аналізу;
2. запропонувати схему збору та підготовки даних (швидкості, інтенсивності, затримки, ДТП, конфлікти);
3. описати підходи до контролю змішувальних факторів (сезонність, тренд, зміна попиту, суміжні втручання);
4. показати, як поєднувати емпіричний «до/після» аналіз і транспортне моделювання для оцінювання змін пропускної здатності;
5. сформулювати рекомендації щодо вибору заходів залежно від класу вулиці та цілей.

## 3. Аналіз джерел

У сучасній літературі ефективність швидкісного менеджменту та «заспокоєння руху» розглядається з позицій впливу на швидкісні режими, змін у кількості/тяжкості ДТП, змін у пропускну здатності та затримках, а також методології оцінювання «до/після» з урахуванням змішувальних факторів [1, 2].

Сучасні методи розв'язання задач оцінки впливу швидкісних обмежень і traffic calming Емпіричні схеми before–after з корекціями. Найпоширеніший підхід у прикладних дослідженнях — порівняння показників «до» і «після» впровадження заходу (зміна  $V_{85}$ , середньої швидкості, затримки, кількості ДТП). Щоб зменшити вплив сторонніх факторів (сезонність, загальний тренд аварійності, зміна попиту), застосовують: контрольні ділянки (control sites), нормування на експозицію (потік/пробіг), статистичні корекції на тренд та погодні умови. Подібний тип оцінок широко використовується у прикладних дослідженнях зон і програм зниження швидкості [3, 4].

Методи Empirical Bayes і проблема regression-to-the-mean. Для оцінки безпекового ефекту на «проблемних» ділянках, обраних через високу аварійність, ключовою є проблема регресії до середнього: кількість ДТП могла знизитись і без втручання. Тому в сучасних роботах

використовують Empirical Bayes/EB-підхід і так звані safety performance functions (SPF) для розрахунку «очікуваних» ДТП без втручання, а потім порівнюють із фактичними [1].

EB значно підвищує коректність оцінки саме аварійності, але вимагає якісних баз даних і каліброваних SPF для локального контексту (країна/місто/тип вулиці). За відсутності такої бази EB стає важким для впровадження на рівні муніципалітету.

Розривні (quasi-experimental) дизайни: difference-in-differences, синтетичний контроль. Коли є контрольні ділянки (або групи) і декілька періодів спостереження, застосовують difference-in-differences (DiD), що оцінює «чистий» ефект втручання як різницю різниць (після–до) між експериментальною і контрольною групами. Для ускладнених випадків використовують синтетичний контроль (synthetic control), де контрольна «ділянка» формується як зважена комбінація багатьох локацій [2].

Сильна сторона — кращий контроль зовнішніх змін; слабка — припущення паралельних трендів (для DiD) і потреба у достатній кількості даних у часі. У транспортних задачах це часто обмежено короткими рядами та структурними зламами (карантини, зміни паливних цін тощо).

Моделі ДТП: негативний біноміальний, ієрархічні/змішані ефекти, просторово-часові моделі. Оскільки ДТП є рідкісними подіями, використовують рахункові моделі (Poisson/negative binomial), а також ієрархічні моделі для врахування неоднорідності між ділянками. Для мережевих ефектів застосовують просторові (CAR/SAR) та просторовочасові моделі [3].

Ці моделі дають статистично обґрунтовані оцінки та довірчі інтервали, але їх складніше пояснювати нефахівцям; крім того, результат чутливий до якості геокодування ДТП, повноти даних про експозицію та коректності специфікації моделі.

Мікромодельовання та імітація руху. Оцінка впливу геометричних перетворень (звуження смуг, шикан, острівці безпеки, зміна фаз сигналу) на пропускну здатність часто виконується через мікросимуляцію (car-following/ lane-changing). Моделі дозволяють оцінити затримки, черги, конфліктні ситуації за різних сценаріїв попиту [4].

Перевага — можливість «програти» сценарії без дорогого пілоту; недолік — потреба у калібруванні (швидкісні режими, параметри водіння, розподіл потоків). Без калібрування моделі можуть або недооцінювати затримки, або ігнорувати локальні ефекти (неформальні маневри, парковку, зупинки ГТ).

Проксі-метрики безпеки (Surrogate Safety Measures) і комп'ютерний зір. Через рідкісність ДТП сучасні дослідження дедалі частіше використовують проксі-метрики конфліктів (TTC, PET, DRAC) з даних відео спостереження або траєкторій, що виділяються методами комп'ютерного зору. Це дозволяє оцінити зміни ризику швидше, ніж чекати статистично значущих змін у ДТП. Валідацію surrogate метрик (зокрема TTC і PET) продемонстровано на емпіричних спостереженнях взаємодії з уразливими учасниками руху [5].

Сильна сторона — висока чутливість і малі періоди спостереження; слабка — питання валідації зв'язку «конфлікт–реальна аварія» для конкретного місця, а також помилки трекінгу траєкторій, оклюзії та вплив погоди/освітлення.

Найбільш надійний підхід для практики міст — комбінувати before–after з контрольними ділянками/DiD для операційних показників, EB або ієрархічні моделі для ДТП, та мікромодельовання для перевірки впливу на пропускну здатність у сценаріях зростання попиту. Додатково, за наявності якісного відео, проксіметрики дозволяють швидко виявляти зміни ризику і коригувати проєктні рішення до масштабного впровадження.

Окремий пласт досліджень присвячено зонам 30 км/год: показано, що впровадження таких зон може змінювати просторово-часовий розподіл ДТП та структуру залучених учасників руху [3], а також активно обговорюється узагальнена ефективність 30 км/год у вигляді літературних оглядів [6]. Для англомовного контексту важливими є оцінки 20 mph схем ( $\approx 32$  км/год) у Великій Британії [7], включно з аналізом громадської думки щодо таких обмежень [8] і квазіекспериментальними оцінками впливу 20 mph на травматизм у місті [9]. В

американських містах аналіз впливу зниження лімітів швидкості на тяжкість ДТП демонструє статистично значущі зміни для окремих зон та типів вуличної мережі [4], а в межах програм Vision Zero показано ефекти після міського зменшення дефолтного ліміту [10].

Щодо інструментів «заспокоєння руху» на локальному рівні, в літературі трапляються емпіричні оцінки підвищених пішохідних переходів [11] та швидкісних горбів/бамперів [12]. На рівні настанов узагальнені характеристики заходів (у т.ч. підвищених переходів/платформ) наведено в оглядових матеріалах FHWA [13]. Також розглядаються зміни стандартів щодо ширини смуг як інструменту керування швидкістю та безпекою [14, 15]. Узагальнення цих робіт підкреслює, що ефект заходів залежить від функціонального класу вулиці, початкового швидкісного режиму, наявності вразливих учасників руху, інтенсивностей та режимів регулювання на перехрестях.

#### 4. Дослідження

У цьому розділі наведено рішення поставлених у розділі 2 завдань шляхом формування набору показників, вибору джерел даних, визначення схеми контролю змішувальних факторів та процедури оцінювання ефекту швидкісних обмежень і заходів traffic calming. Відповідність завдань і прийнятих методів подано нижче:

Завдання 1.

Набір показників ефективності. Запропоновано операційні показники ( $d, \bar{v}, L_q$ ) та безпекові ( $N, I, F, SI$  за формулою (1)), що дозволяє аналізувати як зміни якості руху, так і зміни тяжкості наслідків ДТП.

$$SI = \frac{F + wI}{N}, \quad (1)$$

де  $w$  — вага травмованих (за методикою організації). Надалі використовується визначення індексу тяжкості за формулою (1). За наявності відео доцільно додавати показники конфліктів (ТТС, РЕТ) як проксі небезпеки.

Завдання 2.

Схема збору і підготовки даних. Використано комбінування телематики/детекторів для швидкостей та інтенсивностей, журналів ОДР і баз ДТП, а також (за можливості) відео для surrogate-метрик конфліктів (ТТС/РЕТ) [5].

Завдання 3.

Контроль змішувальних факторів. Запропоновано застосовувати контрольні ділянки та квазіекспериментальні схеми (DiD) [9], а для вибірки ділянок з високою аварійністю — EB-підхід для зменшення regression-to-themean [1].

Завдання 4.

Поєднання емпірики і моделювання. Емпіричний before–after/DiD застосовується для оцінки фактичних змін швидкості та ДТП, а мікромоделювання — для перевірки чутливості пропускну здатності у сценаріях попиту й геометрії, коли польові спостереження обмежені [13].

Завдання 5.

Формування рекомендацій. На основі матриці “безпека–ефективність” заходи ранжуються за домінуванням та формуються практичні рекомендації з урахуванням класу вулиці, наявності вразливих учасників і допустимих затримок.

Вибір комбінованого набору методів обумовлено тим, що жоден окремих підхід не забезпечує одночасно причинно-інтерпретовану оцінку безпекового ефекту, стабільну оцінку операційних показників у реальному трафіку та прогноз при зміні попиту.

Тому застосовано три взаємодоповнюючі блоки:

Квазіекспериментальні схеми (before–after з контрольними ділянками/DiD) — для фактичного ефекту в конкретному місці, оскільки вони прямо використовують спостереження і краще контролюють зовнішні зміни.

Статистичні моделі безпеки (рахункові моделі та/або EB) — щоб зменшити упередження, пов'язані з рідкісністю ДТП і regression-to-the-mean, та отримувати довірчі оцінки ефекту [1].

Імітаційне моделювання — для аналізу пропускну здатності й черг у сценаріях, які важко або дорого перевірити польовими експериментами (наприклад, зростання попиту або зміна плану фаз).

Практичний алгоритм рішення задач (кроки). Наведемо узагальнений алгоритм, який безпосередньо реалізує поставлені завдання у вигляді послідовності кроків:

Формування набору показників (завдання 1). Обчислити  $d, \bar{v}, L_q$ ; для безпеки —  $N, I, F$  та  $SI$  за формулою (1). Вибір саме цих показників обґрунтовано тим, що вони: (1) напряму вимірювані, (2) порівнювані між ділянками, (3) інтерпретовані для ОДР.

Підготовка даних (завдання 2). Сформувати два періоди спостереження “до” і “після” (напр., по 3–12 місяців), синхронізувати інтенсивності  $Q(t)$ , швидкості  $v(t)$ , затримки  $d(t)$ , та записи ДТП; виконати очищення від пропусків і викидів; за наявності відео — виділити конфлікти ТТС/РЕТ [5].

Вибір дизайну оцінювання (завдання 3). Якщо є порівнянні контрольні ділянки — застосувати DiD; якщо контроль обмежений — before–after з корекцією експозиції. Для ділянок, обраних за високою аварійністю, додатково застосувати EBкорекцію [1].

Оцінка швидкісного ефекту (завдання 4). Розрахувати  $\Delta V_{85}$  за формулою (2) і перевірити зміну розподілів швидкості (не тільки середніх). Обґрунтування:  $V_{85}$  є стійким до одиничних викидів і відображає “типову” поведінку найшвидших водіїв.

$$\Delta X_{85} = V_{85}^{after} - V_{85}^{before} \quad (2)$$

де  $V_{85}^{before}$  і  $V_{85}^{after}$  — 85-перцентильні швидкості до та після втручання.

Оцінка безпекового ефекту (завдання 4). Розрахувати частоту ДТП  $r$  за формулою (3) та зміну  $SI$  за формулою (1); для малих вибірок доповнити аналіз surrogate-метриками ТТС/РЕТ [5]. Обґрунтування: поєднання “жорстких” (ДТП) і “м'яких” (конфлікти) метрик зменшує ризик хибних висновків через малу кількість подій.

Оцінка операційного ефекту (завдання 4). Порівняти  $d, \bar{v}, L_q$  у періодах “до/після” (за можливості — у DiD постановці). Якщо очікуються зміни попиту або геометрії — виконати мікромоделювання для сценаріїв “поточний попит” / “піковий попит” та оцінити ризик перенасичення.

Формування рекомендацій (завдання 5). Нанести втручання (або альтернативи) на площину “безпека–ефективність” і обрати заходи, які: потрапляють у бажану область або дають максимальний безпековий вигравш при допустимому погіршенні затримки. Для магістралей додати компенсаторні заходи (координація сигналів, пріоритет ГТ, керування парковою).

Демонстраційний приклад розрахунків (умовні дані).

*Примітка.* Наведений нижче приклад є демонстраційним і використовується виключно для ілюстрації виконання кроків та оформлення розрахунків; числові значення є умовними і не відображають конкретну вулицю чи місто.

Зробимо припущення для досліджуваної ділянки до впровадження заходу  $V_{85}^{before} = 58$  км/год, після —  $V_{85}^{after} = 46$  км/год.

Тоді за формулою (2) маємо  $\Delta V_{85} = -12$  км/год, тобто 85-перцентильна швидкість зменшилась на 12 км/год. За період спостереження  $T = 365$  днів середньодобова інтенсивність становила  $Q = 18000$  авт/добу, а кількість ДТП була  $N^{before} = 14$  і  $N^{after} = 10$ .

За формулою (3) отримаємо  $r^{before} = 14 / (18000 * 365)$  та  $r^{before} = 10 / (18000 * 365)$ , що відповідає зниженню частоти ДТП приблизно на 28,6%.

Для ілюстрації зміни тяжкості нехай  $F^{before} = 1$ .

$I^{before} = 8$ ;  $F^{after} = 0$ ,  $I^{after} = 6$ , а вага травмованих  $w = 0,2$ . Тоді за формулою (1) маємо  $SI^{before} = \frac{1+0,2 \cdot 8}{14} = 0,186$  і  $SI^{after} = \frac{0+0,2 \cdot 6}{10} = 0,120$  тобто індекс тяжкості зменшився.

Приклад представлення операційних показників: нехай середня затримка на перетині змінилась з  $d^{before} = 38$  с/авт до  $d^{after} = 44$  с/авт, а середня довжина черги з  $L_q^{before} = 85$  м до  $L_q^{after} = 96$  м. У такому випадку отримуємо покращення безпеки за рахунок певного погіршення ефективності, що слід відобразити на площині “безпека–ефективність”.

Оцінювання впливу швидкісних обмежень і заходів traffic calming доцільно виконувати як комбінований дизайн: емпіричний before–after (до/після) для швидкостей, затримок і ДТП; контроль змін попиту (через контрольні ділянки або статистичну корекцію тренду/сезонності); мікромодельовання для перевірки чутливості пропускної здатності до зміни геометрії/ліміту швидкості та режимів регулювання. Такий комбінований підхід узгоджується з сучасними рекомендаціями щодо оцінки ефективності заходів traffic calming [1] і практикою оцінювання програм швидкісного менеджменту на рівні міст [10].

Мінімально потрібні дані: часові ряди інтенсивностей по напрямках; швидкості (середня,  $V_{50}$ ,  $V_{85}$ ); показники затримки/черги (за детекторами, GPS або відео); база ДТП з розподілом за тяжкістю; контекстні змінні (погода, ремонти, зміни ОДР).

Для пропускної здатності та якості руху рекомендовано використовувати: середню затримку  $d$  (с/авт), середню швидкість на ділянці  $\bar{v}$ , середню довжину черги  $L_q$ , час розсмоктування черги, а також індикатори стабільності (коефіцієнт варіації швидкості). Для безпеки: кількість ДТП  $N$ , кількість травмованих  $I$ , кількість загиблих  $F$ . Індекс тяжкості визначимо формулою

$$SI = \frac{F + wI}{N}, \quad (1)$$

де  $w$  — вага травмованих (за методикою організації). Надалі використовується визначення індексу тяжкості за формулою (1). За наявності відео доцільно додавати показники конфліктів (ТТС, РЕТ) як проксі небезпеки.

Статистичне оцінювання.

Для швидкості базовий ефект визначимо як:

$$\Delta X_{85} = V_{85}^{after} - V_{85}^{before}, \quad (2)$$

де  $V_{85}^{before}$  і  $V_{85}^{after}$  — 85-перцентильні швидкості до та після втручання. Далі використовується оцінка ефекту для швидкості за формулою (2).

Для ДТП застосовують порівняння частот з корекцією на експозицію

$$r = \frac{N}{Q \cdot T}, \quad (3)$$

де  $N$  — кількість ДТП за період;

$Q$  — середньодобова інтенсивність;

$T$  — тривалість періоду спостереження. Надалі використовується визначення частоти ДТП за формулою (3).

Для контролю зовнішніх змін доцільні регресійні моделі (негативний біноміальний розподіл для ДТП) і/або контрольні ділянки (difference-in-differences). Приклади застосування подібних підходів до оцінювання ефекту змін швидкісних лімітів у місті наведено у [4], а для аналізу ефективності зон з пониженими швидкостями — у [3].

Інтерпретація компромісу «безпека–ефективність». Результати слід подавати у вигляді двовимірного порівняння: зміна безпеки (наприклад, % зміна тяжких ДТП) та зміна ефективності (зміна середньої затримки/часу поїздки). Це дозволяє ранжувати заходи за домінуванням та визначати, де потрібні компенсаторні рішення (координація сигналів, пріоритет громадського транспорту, керування парковкою).

## 5. Результати та обговорення

Запропоновано послідовність виконання експертного дослідження:

Збір вихідних даних: схема ДТП, фото/відео, сліди гальмування/ковзання, параметри ТЗ, дорожні умови.

Нормалізація: приведення одиниць, оцінка похибок, формування діапазонів невизначеності.

Розрахунки: оцінка швидкості, гальмівного шляху та зупиночної відстані.

Перевірка версій: зіставлення розрахунків із фактичними відстанями та часовими інтервалами.

Висновок: документування допущень, меж застосовності та альтернатив.

### 2. Приклад оцінювання зупиночної відстані

Прийmemo що, відстань від моменту виявлення небезпеки до місця зіткнення становить  $S = 45$  м, час реакції  $t_r = 1.0$  с. Для сухого асфальту прийmemo  $\mu = 0.7$ , для мокрого —  $\mu = 0.4$ . На рис. 1 наведено залежність  $S_{\text{stop}}(V)$ .

### 3. Обговорення

За однакової дистанції до перешкоди допустима (критична) швидкість для мокрого покриття істотно нижча, ніж для сухого, що підкреслює необхідність обґрунтовувати вибір  $\mu$  та наводити інтервальні оцінки. Практично доцільно виконувати розрахунки для діапазону  $\mu$  (наприклад, 0.35–0.75) і часу реакції (0.7–1.3 с), окремо фіксуючи «фізично можливий» і «реалістично очікуваний» сценарії.

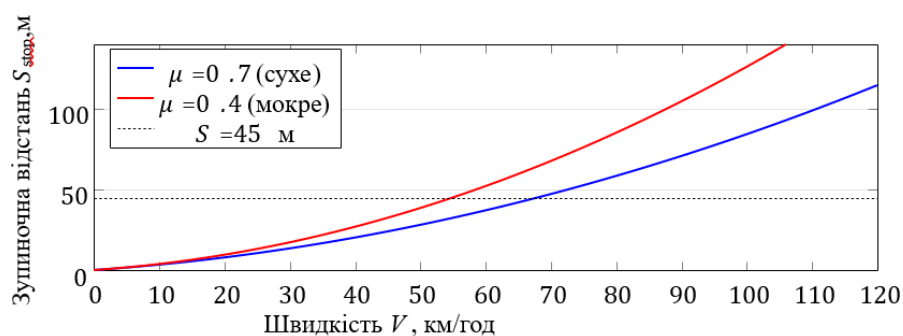


Рис. 1. Залежність зупиночної відстані від швидкості для різних  $\mu$  при  $t_r = 1.0$  с.

## 6. Висновки

Запропоновано структуру оцінювання впливу швидкісних обмежень і заходів «заспокоєння руху», яка поєднує емпіричний «до/після» аналіз і транспортне моделювання та забезпечує узгоджене порівняння безпекових і операційних показників. Перспективи подальших досліджень пов'язані з ширшим використанням проксі-метричних конфліктів на основі комп'ютерного зору, оцінюванням довгострокової стійкості ефектів, аналізом перерозподілу потоків на суміжну мережу та впливу на викиди.

*Елементи отриманої наукової новизни:*

запропоновано узагальнену процедуру кількісного оцінювання компромісу “безпека–ефективність” для заходів speed management/traffic calming на міських вулицях на основі одночасного аналізу швидкісних, операційних та безпекових показників;

удосконалено підхід до оцінювання ефекту втручання шляхом поєднання емпіричних схем before– after (за можливості в DiD постановці) з мікромодельованням для перевірки чутливості пропускну здатності та затримок у сценаріях зміни попиту/геометрії;

запропоновано включення surrogate-метрик безпеки (ТТС/РЕТ) як доповнення до статистики ДТП для прискорення оцінювання ризиків у випадках малої кількості подій та коротких періодів спостереження.

**Список літератури:**

- 1) A review of the best practice in traffic calming evaluation / J. Ambros et al. *Accident Analysis & Prevention*. 2023. Vol. 189. 107073. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107073>. URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- 2) Vangi D., Virga A., Forasassi C., Gulino M. Traffic crash pattern modification as a result of a 30 km/h zone implementation. A case study in Turin (Italy). *Transportation Research Procedia*. 2020. Vol. 45. P. 402–409. DOI:10.1016/j.trpro.2020.03.032.
- 3) Yannis G., Michelaraki E. Effectiveness of 30 km/h speed limit – A literature review. *Journal of Safety Research*. 2025. Vol. 92. P. 490–503. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.11.003>
- 4) McIlroy R. C., Cleland C. L., Plant K. L., Stanton N. A. Evaluating the safety and speed impacts of the 20mph speed limit in the UK: Evidence and insights. *Accident Analysis & Prevention*. 2025. Vol. 211. 108210. DOI: 10.1016/j.aap.2025.108210.
- 5) Tefft A. J., Arnold L. S., Horrey W. J. Effects of lowering speed limits on crash severity in Seattle. *Journal of Safety Research*. 2024. Vol. 88. P. 174–178. DOI: 10.1016/j.jsr.2023.11.004.
- 6) Mammen K., Shim H. S., Weber B. S. Vision Zero: Speed Limit Reduction and Traffic Injury Prevention in New York City. *Eastern Economic Journal*. 2019. DOI: 10.1057/s41302-019-00160-5.
- 7) Tran V. Q. Safety Effectiveness Evaluation of Raised Pedestrian Crossings in Ho Chi Minh City. *Journal of Road Safety*. 2021. Vol. 32(3). P. 43–48. DOI: 10.33492/JRS-D-21-00013.
- 8) Kiec M., Budzynski M., Jamroz K., Bak R., Gaca S., Wysocki J. Evaluation of the impact of speed bumps on the safety of residents – selected aspects. *Transportation Research Procedia*. 2022. Vol. 60. P. 418–423. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.12.054.
- 9) Ewing R., Yang W., Promy N. S., Kaniewska J., Tabassum N. Selective State DOT Lane Width Standards and Guidelines to Reduce Speeds and Improve Safety. *Infrastructures*. 2024. Vol. 9(9). 141. DOI: 10.3390/infrastructures9090141.
- 10) Laureshyn A., Svensson A., Hydén C. Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: The safety of pedestrians and cyclists at urban intersections. *Accident Analysis & Prevention*. 2021. DOI: 10.1016/j.aap.2021.106465.
- 11) Cleland C. L., McIlroy R. C., Plant K. L., Stanton N. A. Following the evidence: Where are we at with traffic calming evaluation? *Accident Analysis & Prevention*. 2023. DOI: 10.1016/j.aap.2023.107073.
- 12) Dolya K., Dolya O. Modelarea sistemului de funcționare a rutelor. *Note științifice ale V.I. Vernadsky TNU. Serie: Științe tehnice*. 2023. Vol. 35 (74) Nr. 1 2024. Partea a 2-a. P. 171–178. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.2/27>
- 13) Kobrina, N., Dolia, K., Dolia, O. (2024). Engineering Patterns of Changes in the Parameters of Functioning of Intercity Passenger Transportation System. In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., Krytskyi, D. (eds) *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering -*

2023. ICTM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 996. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_40).

14) Kokka E., Read D., Skene D., Christie N. Impact of city-wide 20 mph speed limit on road traffic collisions and casualties: a quasi-experimental evaluation. *Journal of Transport & Health*. 2024. DOI: 10.1016/j.jth.2024.101728.

15) Federal Highway Administration. Speed Management Module 3: Traffic Calming and Roadway Treatments. 2024. URL: [safety.fhwa.dot.gov](https://safety.fhwa.dot.gov) (дата звернення: 18.02.2026).

---

## Assessment of the impact of speed limits and traffic calming on road capacity and traffic accidents

**Anton Grigorovich**

Department of Automobiles and Transport Infrastructure, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine  
ORCID: 0000-0001-5388-3159

**Konstantin Dolia**

Department of Automobiles and Transport Infrastructure, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine  
ORCID: 0000-0002-4693-9158

---

**Abstract:** This article examines the impact of speed limits and traffic calming measures on two key performance indicators of urban road networks: capacity and the level of traffic accidents. The relevance of the study is driven by the practical need for cities to simultaneously reduce the severity of crash consequences while maintaining an acceptable level of traffic service under conditions of increasing motorization. The aim of the study is to develop an approach to the quantitative assessment of the “safety–efficiency” trade-off for typical measures, including speed limit reduction, installation of pedestrian refuge islands, raised crosswalks, lane narrowing, chicanes and local speed control devices (speed humps), as well as the implementation of 30 km/h zones.

The methodology is based on a combination of before–after analysis with adjustments for trends and seasonality, as well as traffic flow microsimulation to assess changes in capacity and delays. For the safety assessment, it is proposed to use indicators such as the number of accidents, the number of injuries, a severity index, as well as proxy conflict metrics (e.g., based on time-to-collision and spatial proximity) when video data are available. For capacity evaluation, average delay at intersections/road segments, queue length, average speed, and traffic flow stability are considered. Particular attention is given to the influence of traffic composition (share of heavy vehicles and public transport), the presence of on-street parking, and pedestrian activity.

The result is a generalized procedure for selecting traffic calming measures depending on the functional class of the street, initial speed conditions, and accident levels. It is shown that even a small reduction in average speed can lead to a significant decrease in the risk of severe accident outcomes, while the impact on capacity is often manifested through increased flow variability and additional delays at local bottlenecks. The practical significance of the study lies in its applicability for substantiating decisions in urban road safety programs (Vision Zero), developing traffic management projects, and evaluating the effectiveness of implemented measures based on measurable indicators.

**Keywords:** speed limits; traffic calming; 30 km/h zone; capacity; delay; traffic accidents; road safety; before–after analysis

---